

© EPODOC / EPO

PN - DE19624677 A 19980102
 TI - Optoelectronic component separation method
 AB - Optoelectronic components made of III-V semiconductors are disposed on a carrier with a hexagonal structure. The bonds between a carrier made of sapphire or silicon carbide and the corresp. semiconductor layers are broken using a laser beam. An Nd:YAG laser is used along with a frequency doubler to double the laser frequency and simultaneously halve its wavelength. The bonds are broken along separation lines with channels. The optoelectronic components are broken off after generation of the channels. The carrier has a hardness such that the components can be separated with one or more single-sided cuts using a laser.
 EC - H01L21/268 ; H01L21/461 ; H01L21/78 ; H01L31/18E ; H01L33/00G3B2
 PA - SIEMENS AG (DE)
 IN - HAMANN CHRISTOPH DR (DE); ROSEN HANS-GEORG DIPL ING (DE); SEDLMEIER REINHARD DR (DE); LUPP FRIEDRICH DIPL PHYS (DE); SCHILLING ALFRED (DE)
 CT - US5151389 A []; WO9611504 A1 []
 CTNP - [] JP 7-45560 A (Abstract)
 AP - DE19961024677 19960620
 PR - DE19961024677 19960620
 DT - *

© WPI / DERWENT

AN - 1998-053334 [06]
 TI - Optoelectronic component separation method - using laser to cut sapphire or silicon@ carbide carrier along separation lines and break bonds between carrier and semiconductor components
 AB - DE19624677 Optoelectronic components made of III-V semiconductors are disposed on a carrier with a hexagonal structure. The bonds between a carrier made of sapphire or silicon carbide and the corresp. semiconductor layers are broken using a laser beam. An Nd:YAG laser is used along with a frequency doubler to double the laser frequency and simultaneously halve its wavelength.
 - The bonds are broken along separation lines with channels. The optoelectronic components are broken off after generation of the channels. The carrier has a hardness such that the components can be separated with one or more single-sided cuts using a laser.
 - USE/ADVANTAGE - Separating semiconductor components on disc-shaped carrier. Separates components along predetermined separation lines independent of crystal structure of carrier.
 - (Dwg.0/0)
 IW - COMPONENT SEPARATE METHOD LASER CUT SAPPHIRE SILICON@ CARBIDE CARRY SEPARATE LINE BREAK BOND CARRY SEMICONDUCTOR COMPONENT
 PN - DE19624677 A1 19980102 DW199806 H01L21/301 003pp
 IC - H01L21/301 ; H01L21/78 ; H01L31/0256 ; H01L33/00
 MC - U11-C06A2
 DC - U11
 PA - (SIEI) SIEMENS AG
 IN - HAMANN C; LUPP F; ROSEN H; SCHILLING A; SEDLMEIER R
 AP - DE19961024677 19960620
 PR - DE19961024677 19960620



① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

② Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 24 677 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
H 01 L 21/301
H 01 L 31/0256
H 01 L 33/00
H 01 L 21/78

②① Aktenzeichen: 196 24 677.6
②② Anmeldetag: 20. 6. 96
④③ Offenlegungstag: 2. 1. 98

DE 196 24 677 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Hamann, Christoph, Dr., 85551 Kirchheim, DE; Lupp,
Friedrich, Dipl.-Phys., 81545 München, DE; Rosen,
Hans-Georg, Dipl.-Ing., 82069 Schäftlarn, DE;
Schilling, Alfred, 82266 Inning, DE; Sedlmeier,
Reinhard, Dr., 93073 Neutraubling, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
US 51 51 389
WO 96 11 504 A1
JP 7-45560 A (Abstract);

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Vereinzelung von optoelektrischen Bauelementen

⑤⑦ Für optische Bauelemente werden auf Träger mit hexagonaler Struktur mehrere optoelektronische Bauelemente aus III-V Halbleitern aufgebracht. Um Probleme beim Vereinzeln auszuräumen, wird der Verbund aus einem Träger (Saphir oder Siliziumkarbid) und entsprechenden Halbleiterschichten mit dem Laserstrahl getrennt bzw. entlang von Trennungslinien mit Gräben versehen. Im Anschluß an die Erzeugung derartiger Sollbruch-Gräben werden die optoelektronischen Bauelemente zum Vereinzeln gebrochen.

DE 196 24 677 A 1

Die Erfindung betrifft ein Trennverfahren für optoelektrische Bauelemente, die auf einem scheibenförmigen Träger aus Saphir oder Siliziumcarbid durch Aufbringung mehrerer Schichten von III—V-Halbleitern dargestellt werden. Auf einem derartigen Träger ist eine Vielzahl von Bauelementen vorhanden, die beispielsweise Abmessungen von ca. 0,4 mal 0,4 mm aufweisen. Diese Vielzahl von Bauelementen wird durch bestimmte Trennverfahren vereinzelt.

Die Herstellung von optoelektrischen Halbleiterbauelementen geschieht beispielsweise durch die Erzeugung eines gezielten mehrschichtigen Aufbaues von III—V Halbleitern. Dabei liegen die einzelnen Bestandteile als kristalline Substanzen vor bzw. werden kristallin abgeschieden. Um die Kristalle zur technischen Verwendung gezielt zu beeinflussen kann beispielsweise deren Kristallisationsform beeinflusst werden. Für die Herstellung der genannten III—V-Halbleiterelemente wird beispielsweise eine hexagonale Kristallstruktur gewünscht. Um dies zu erreichen, wird u. a. die Abscheidung auf einem Träger durchgeführt, der ebenfalls eine hexagonale Kristallstruktur aufweist. Zwei favorisierte Materialien sind Saphir (Tonerde, Al_2O_3) und Siliziumcarbid (SiC). Saphir kristallisiert also mit hexagonaler Struktur und ist sehr hart. Als Beispiel für einen III—V Halbleiter ist Galliumnitrid zu nennen. Der Vielschichtaufbau aus Halbleitern ist sehr empfindlich gegen mechanische Spannungen.

Bei der Vereinzelnung der Vielzahl von optoelektrischen Bauelementen auf einem Träger können aufgrund der Kristallstruktur bestimmte Probleme auftauchen. Die hexagonale Struktur des Trägers würde beispielsweise beim Brechen Bruchlinien mit einem Winkel von 60° ergeben. Um rechtwinklige Halbleiterelemente zu erhalten, wird das Trennverfahren von Saphirscheiben, heute beispielsweise durch Sägen mit diamantbelegten Sägeblättern durchgeführt. Bedingt durch die mechanischen Eigenschaften des Trägers sind die Schnittgeschwindigkeiten jedoch sehr gering und der Verbrauch an Sägeblättern ist entsprechend hoch. Zusätzlich ist die Schnittbreite derart groß im Verhältnis zu den Abmessungen eines optoelektrischen Bauelementes, das die Ausbeute relativ niedrig liegt.

Eine alternative zum Sägen stellt das Ritzen dar. Die heute erhältlichen scheibenförmigen Träger weisen eine Stärke von 100 μm oder mehr auf. Um einen zuverlässigen Ritzvorgang darzustellen, muß die Dicke der Scheiben (wafer) auf ca. 70 μm reduziert werden. Derartige Verfahren zum dünnen von Wafern sind jedoch sehr kompliziert und aufwendig.

Wird das Trennverfahren durch Ritzen und anschließendes Brechen an Trägern mit einer größeren Materialstärke durchgeführt, so sorgen die durch das Ritzen an der Oberfläche entstandenen Mikrorisse nicht zuverlässig dafür, daß das Material an den geritzten Linien bricht. Vielmehr werden Bruchlinien entsprechend der hexagonalen Struktur in dem natürlichen Bruch und Spaltsystem mit 60° Winkeln auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Trennverfahren zum Vereinzeln von optoelektrischen Bauelementen bereit zu stellen, mittels dem die Vereinzelnung der Bauelemente an vorgegebenen Trennungslinien mit bestimmter Ausrichtung geschieht, die unabhängig von der Kristallstruktur des Trägers ist.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Die Erfindung beruht auf dem Prinzip die spannungsempfindlichen Halbleiterschichten und deren Träger mittels eines Materialabtragverfahrens unter Einsatz eines Lasers zu vereinzeln, wobei keinerlei erhöhte mechanische Spannungen in die Halbleiterschicht eingebracht werden und der Träger derart mit Gräben entlang von Trennungslinien versehen wird, daß nur entlang dieser vorgegebenen Richtungen geschnitten bzw. gebrochen wird. Der Verbund aus einem kristallinen Träger mit darauf aufgetragenen kristallinen III/V-Halbleiterschichten wird somit mit einem Laserstrahl getrennt bzw. dazu vorbereitet.

Die auf den Träger aufgetragenen Halbleiterschichten werden in vorteilhafterweise entlang der vorgegebenen Trennungslinien durch Atzen entfernt, wobei die Breite des freigelegten Streifens geringfügig größer ist, als die zu erwartende Schnittbreite beim Herstellen eines Grabens durch einen Laser. Die Schnittbreite begrenzt einerseits die Tiefe eines Laserschnittes und kann beispielsweise im Bereich von 40 bis 150 μm liegen.

Nachdem eine möglichst schmale Schnittbreite gewünscht wird, ist der Einsatz eines CO_2 -Lasers aufgrund seiner Wellenlänge von 10,6 μm nicht möglich, da bei optimaler Fokussierung aufgrund der korrespondierenden Wellenlänge gewünschte Schnittbreiten nicht erzielt werden. Eine weitere Schwierigkeit stellt die Transmission des Saphirs dar, die im Wellenlängenbereich von 0,3 bis 3 μm größer als 80% ist. Somit muß beispielsweise mit hohen Leistungsdichten gearbeitet werden. Hier ist beispielsweise der Einsatz von gütegeschalteten Lasern notwendig. Es wird bevorzugt ein Nd:YAG Laser eingesetzt, der in vorteilhafterweise zusätzlich mit einem Frequenzverdoppler verschaltet werden kann. Die doppelte Frequenz bedeutet auch eine Halbierung der Wellenlänge und somit einen schmalen Fokus, der wiederum eine kleinere Schnittbreite ermöglicht.

Werden Trägerscheiben mit einer Anfangsdicke von beispielsweise 200 oder 300 μm eingesetzt, die eine insgesamt 5 μm starke Halbleiterschicht tragen, so werden die Träger teilweise rückseitig gedünnt, um andererseits eine zum Brechen notwendige Stärke des Trägers von maximal 50 bis 100 μm , vorteilhafterweise 70 μm zu erhalten, müssen an dem beispielsweise 200 μm starken Träger Gräben mit einer Gesamttiefe von 130 μm mit dem Laser gezogen werden. Dies kann einseitig geschehen, wobei jedoch die Tiefe eines einseitig eingebrachten Grabens begrenzt sein kann. Ein relativ starker scheibenförmiger Träger aus Saphir oder Siliziumcarbid mit einer aufgetragenen Halbleiterschicht wird in vorteilhafterweise von beiden Seiten mit dem Laser bearbeitet. Dabei werden gegenüberliegend entlang der Trennungslinien die Gräben mit dem Laser eingebracht, so daß insgesamt eine Reststärke zwischen den korrespondierenden Grabenböden übrigbleibt, die im Bereich von 50 bis 100 μm liegt.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel beschrieben: Zur Herstellung eines quadratisch ausgebildeten optoelektronischen Bauelementes mit einer Kantenlänge von ca. $400 \times 400 \mu\text{m}$ wird zunächst eine Saphirscheibe (Al_2O_3) bereitgestellt. Diese Scheibe sollte im Lieferzustand eine Stärke von weniger als 330 μm aufweisen. Derartige Scheiben werden durch ein entsprechendes Dünnungsverfahren in ihrer Stärke reduziert. Andererseits sind bereits Saphirscheiben mit einer Stärke von 100 μm lieferbar. Auf diese Saphirscheibe werden aufeinanderfolgend verschiedene III—V Halbleiterschichten aus den entsprechenden Gruppen III—V des

Periodensystems aufgebracht. Um hierin ein wünschgemäßes Kristallwachstum zu erzielen, ist eine Saphirscheibe ausgewählt worden, die eine hexagonale Kristallstruktur aufweist. Da die zu diesem Zeitpunkt vorliegende Saphirscheibe eine Vielzahl von quadratischen optischen Bauelementen beinhaltet, steht als nächster Schritt die Vereinzelung dieser Bauelemente an. Dazu werden rechtwinkelig aufeinander stehende Trennungslinien festgesetzt. Um zu verhindern, daß entsprechend der hexagonalen Struktur des Trägers, wobei die kristallographischen Hauptachsen 60° Winkel bilden, Brüche in dem natürlichen Bruch und Spaltsystem mit 60° Winkeln auftreten, werden entlang der vorgegebenen Trennungslinien durch Laserbearbeitung verbunden mit einem Materialabtrag Gräben eingebracht, so daß an diesen Stellen mittels des Lasers der Träger durchgeschnitten oder derart vorbereitet wird, daß im Anschluß an die Laserbearbeitung entlang der Gräben gebrochen werden kann. Das Ergebnis ist eine Vielzahl von vereinzelt optoelektronischen Bauelementen.

Ist der Verbund aus Trägerscheibe auf Saphir oder Siliziumkarbid SiC und Halbleiterschicht aus III—V Halbleitern (Gallium-Indium-Aluminium; Stickstoffphosphorarsen) ausreichend dünn, läßt sich durch Laserschneiden sehr wohl eine Vereinzelung der Bauelemente durchführen. Zur diffizilen Handhabung der sehr kleinen Bauelemente ist jedoch ein entsprechendes Halten der Bauelemente auf beispielsweise einem Klebstoffstreifen notwendig.

Werden in dem Träger-/Halbleiter-Verbund entlang der Trennungslinien mittels des Lasers Gräben eingebracht, so können durch anschließendes Brechen die Bauelemente vereinzelt werden. Obwohl dieses Verfahren zwei Hauptschritte beinhaltet, kann beispielsweise die Handhabung der vereinzelt Bauelemente sehr viel einfacher von stattem gehen.

Die Erzeugung von Gräben entlang der vorgegebenen Trennungslinien geschieht mit ausreichender Tiefe. Eine ausreichende Tiefe liegt dann vor, wenn die Reststärke des verbleibenden Trägermaterials zwischen 50 und 100 μm liegt. Dies gewährleistet, daß das Material entlang der vorgegebenen Trennungslinien und nicht entlang der hexagonalen Kristallstrukturen bricht. Mit anderen Worten ist die Bruchrichtung unabhängig von der Richtung der Kristallachsen. Der Materialabtrag mittels des Lasers geschieht in der Regel durch Materialverdampfung. Unter Einsatz eines Nd—YAG-Lasers lassen sich beispielsweise Gräben von ca. 100 μm durch drei aufeinanderfolgende Schnitte an einem Graben erzeugen. So läßt sich also beispielsweise eine Leuchtdiode (LED) mit einer Endstärke von 200 μm vereinzelt, wobei die eigentliche Halbleiter-Nutzschicht lediglich 5 μm stark ist.

Die relativ tiefen Gräben im Substrat sorgen dafür, daß die Bruchspannungen nicht auf die Oberfläche wirken, wo die Halbleiterschichten aufgebracht sind. Um die Halbleiterschichten beispielsweise auch von thermisch induzierten Spannungen frei zuhalten, wird vor der Laserbearbeitung beispielsweise entlang der Trennungslinien durch Ätzen ein korrespondierender Graben in der gesamten Halbleiterschicht gezogen. Dieser ist geringfügig größer als der bei der Laserbearbeitung zu erwartende Graben bzw. die Schnittbreite.

Bei der Verwendung von relativ starken Saphirscheiben, beispielsweise 300 μm Stärke, werden korrespondierend entlang von Trennungslinien beidseitig Gräben gezogen.

Eine gängige Halbleiterkombination ist beispielsweise

se Galliumnitrid.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vereinzelung einer Vielzahl von optoelektronischen Bauelementen, die auf einem scheibenförmigen Träger mit hexagonaler Kristallstruktur durch mehrere darauf aufgebrachte III—V-Halbleiterschichten dargestellt werden, wobei mittels eines Lasers entlang vorgegebener Trennungslinien derart tiefe Gräben durch Materialverdampfung erzeugt werden, daß die Vereinzelung der Bauelemente durch nachfolgendes Brechen an diesen Gräben geschieht und die Bruchrichtungen unabhängig von der Richtung der Kristallachsen des Trägers sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, worin ein Träger aus Saphir oder Siliziumkarbid verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, worin die aufgebrachten Halbleiterschichten entlang der Trennungslinien vor der Laserbearbeitung in einer Breite weggeätzt werden, die geringfügig größer ist, als die Schnittbreite zur Grabenerzeugung.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin ein Nd:YAG-Laser eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, worin der Nd:YAG-Laser mit einem Frequenzverdoppler zur Verdopplung seiner Frequenz bei gleichzeitiger Halbierung der Wellenlänge geschaltet ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, worin der Laser gütegeschaltet ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Gräben entlang der Trennungslinien korrespondierend von beiden gegenüberliegenden Seiten des scheibenförmigen Trägers eingebracht werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, worin der scheibenförmige Träger aus Saphir oder Siliziumkarbid mit einer derartigen Materialstärke bereitgestellt wird, daß die Vereinzelung der optoelektronischen Bauelemente durch Laserschneiden mit einem oder mehreren einseitigen Schnitten erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, worin die verbleibende Reststärke des scheibenförmigen Trägers nach der Einbringung der Gräben maximal 100 μm beträgt.